

ENGENHARIA DA CONSERVAÇÃO: INVESTIGAÇÃO, PRÁTICA E REFLEXÕES



PAULO B. LOURENÇO

Prof. Catedrático
Universidade do Minho
Guimarães - Portugal

SUMÁRIO

Nos últimos anos ocorreram desenvolvimentos muito significativos no que diz respeito à capacidade de efetuar análises experimentais, simulações em computador e conhecimento em geral sobre ferramentas aplicáveis ao património construído de valor cultural, criando uma nova engenharia da conservação. Tais avanços resultam também de uma crescente consciencialização por parte da sociedade em relação à necessidade de preservação deste património, juntamente com a evidente importância cultural e económica desta atividade.

1. INTRODUÇÃO

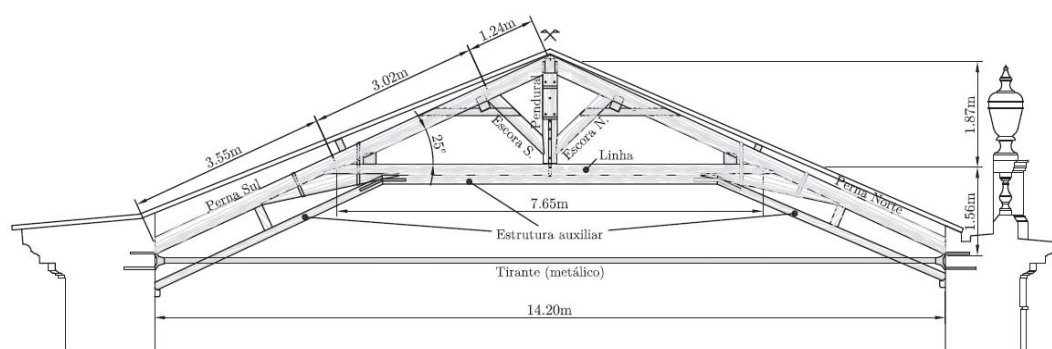
A conservação das estruturas do património construído com valor cultural, devido à sua natureza e história, é um desafio complexo que exige uma metodologia adequada, com um processo iterativo entre as etapas de reconstituição do historial da construção, diagnóstico (com recurso a meios de inspeção) e avaliação de segurança (com recurso a ferramentas avançadas de análise de estabilidade), definição e execução das medidas de intervenção (se necessárias), e controlo da intervenção. A atividade do grupo HMS da Universidade do Minho (“Historical and Masonry Structures”) desenvolve-se essencialmente em cinco grandes áreas do conhecimento: (a) Análise do ciclo de vida, durabilidade e segurança; (b) Engenharia sísmica; (c) Ensaios não-destrutivos e monitorização; (d) Materiais e tecnologias de construção inovadores; (e) Reparação e reforço. Apresenta-se, em seguida, uma muito breve revisão de trabalhos de doutoramento que ilustram contributos para a conservação do património. Em seguida, revê-se atividades de formação pós-graduada na Universidade do Minho. Conclui-se com uma breve reflexão e uma aplicação recente de técnicas avançadas na inspeção e diagnóstico.

2. INVESTIGAÇÃO

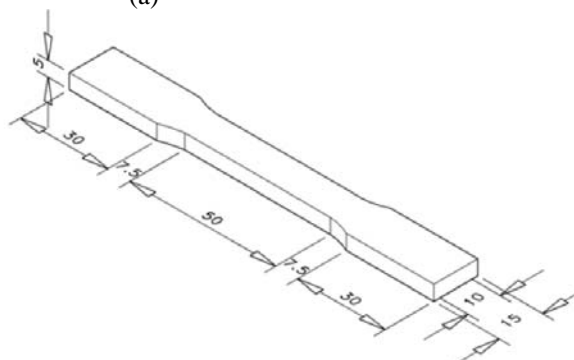
2.1. Avaliação de Segurança das Estruturas Antigas de Madeira (Ricardo Brites, 2011)

Neste trabalho desenvolveram-se métodos de caracterização geométrica e mecânica de estruturas de madeira existentes, através de uma série de levantamentos geométricos a estruturas históricas, que permitiram estabelecer padrões de variabilidade, Figura 1a, e caracterização mecânica através de um método semi-destrutivo de avaliação do módulo de elasticidade longitudinal e da tensão de rotura à tração, Figura 1b. Este método inclui a extração de provetes da estrutura, denominados de mesoprovetes, tendo-se procedido à sua calibração para a madeira de pinho bravo e castanho. As relações empíricas obtidas entre propriedades mecânicas determinadas

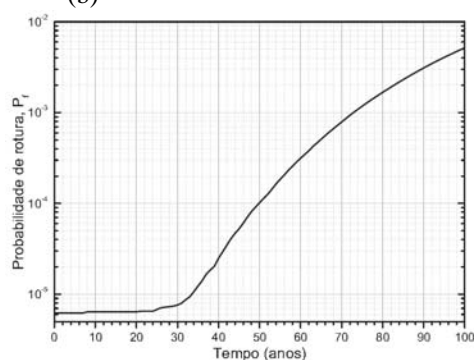
em ensaios de mesoprovêtes e ensaios normalizados mostram uma boa concordância em termos de módulo de elasticidade, com relações próximas da unidade. Foram ainda obtidos resultados relativos à influência da degradação biológica provocada por fungos nas propriedades mecânicas da madeira, Figura 1c. A avaliação das implicações mecânicas da degradação biológica da madeira é um campo pouco estudado. A abordagem adotada foi o método de redução de secção, em que é determinada uma função de degradação que relaciona a profundidade de ataque com o tempo de exposição da peça a condições propícias ao desenvolvimento do fungo. Finalmente, procedeu-se à implementação computacional de técnicas probabilísticas para aferição da segurança estrutural, considerando de forma explícita a variabilidade inerente a cada grandeza interveniente no problema. Os resultados obtidos permitiram avaliar não só o estado de segurança dos seus elementos constituintes mas também apontar aqueles elementos em que uma intervenção de reforço seria mais vantajosa em termos de incremento da segurança global da estrutura.



(a)



(b)



(c)

Figura 1: Avaliação da segurança de estruturas de madeira: (a) levantamento geométrico detalhado de secções transversais; (b) ensaios em mesoprovêtes; (c) coluna de degradação desenvolvida e análise de fiabilidade de uma estrutura de madeira ao longo do tempo

2.2. Identificação Estrutural Dinâmica Utilizando Redes de Sensores Sem Fios (Rafael Aguilar, 2010)

O uso de técnicas de monitorização em edifícios de carácter histórico começou a ser estudado na Universidade do Minho devido ao interesse na utilização de técnicas não destrutivas que forneçam contributos para compreender o comportamento destas estruturas. Este trabalho explorou a possível inclusão dos sistemas de sensores sem fios na Análise Modal Operacional de estruturas existentes, ver Figura 2a. Desenvolveu-se também uma nova metodologia remota e automática para o processamento dos dados. Inicialmente, foram exploradas as possibilidades das plataformas comerciais sem fios existentes do mercado. Os resultados dos ensaios realizados mostraram que estas plataformas não têm aplicação direta na identificação ou monitorização dinâmica de estruturas de alvenaria. Os principais motivos são a baixa resolução dos acelerómetros e conversores analógicos - digitais disponíveis, além da ausência de implementação de um protocolo de comunicação, o qual garantiria não só a sincronização entre nós mas também um processo fiável de comunicação entre eles. Uma vez identificadas as limitações das plataformas comerciais, uma equipa envolvendo engenheiros eletrotécnicos e de comunicações desenvolveu um novo sistema de monitorização sem fios visando cumprir os exigentes requisitos dos ensaios Modais Operacionais em estruturas existentes. Os resultados dos ensaios de validação provaram o excelente desempenho deste, comparável com o dos sistemas convencionais com fios, em situações com vibrações superiores a 0.10 mg. Foram ainda apresentados novos desenvolvimentos no processamento de dados nos processos de monitorização dinâmica, ver Figura 2b. Devido a grande quantidade de informação recolhida nestes processos, a utilização está sujeita ao uso de ferramentas automáticas para o seu tratamento. Neste sentido, propôs-se um novo algoritmo de identificação remota e automática, baseado na interpretação dos resultados dos métodos de identificação paramétrica. Os resultados dos ensaios numéricos e laboratoriais demonstraram a eficácia do algoritmo desenvolvido com estimações precisas e fiáveis. O algoritmo foi ainda testado no estudo de uma igreja do século XIX, tendo os resultados confirmado a eficácia do algoritmo desenvolvido.

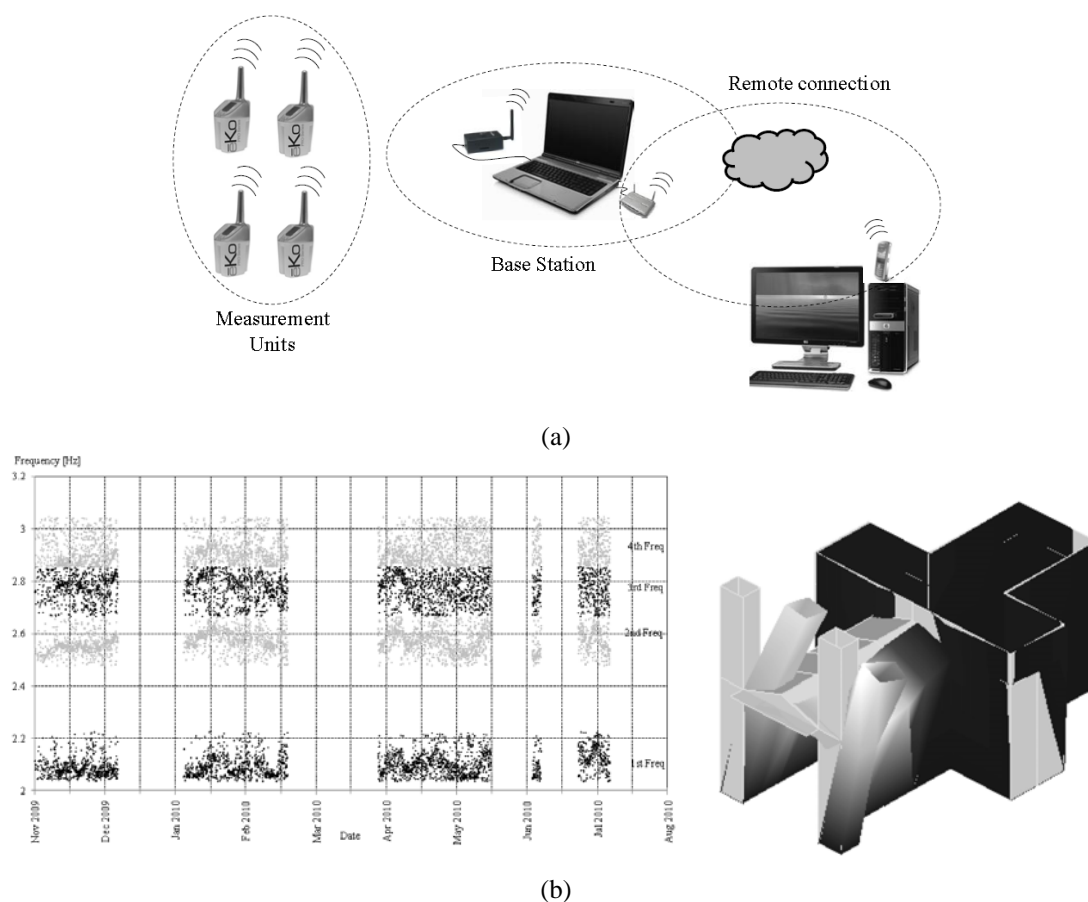


Figura 2: Identificação e monitorização dinâmica sem fios: (a) visualização do sistema; (b) sistema automático de identificação de frequências

2.3. Metodologia integrada para avaliação e mitigação da vulnerabilidade sísmica das construções históricas em alvenaria. A igreja dos Jerónimos como caso de estudo (João Roque, 2010)

Este trabalho pretendeu fornecer um contributo para promover a conservação, reabilitação e reforço das construções históricas em alvenaria através de uma metodologia própria, que procure minimizar a extensão e a intrusividade das intervenções, mas que garanta as indispensáveis condições de segurança. Propôs-se assim uma metodologia multidisciplinar e integrada cujo lema é “maximizar a investigação para minimizar a intervenção” e onde se dá primazia à observação da construção, baseada na auscultação e na monitorização estrutural, e à prática de intervenções faseadas e interativas com os resultados. A engenharia de estruturas desempenha um papel fulcral funcionando como o elemento integrador da metodologia. Como passos principais da metodologia proposta destacam-se: (i) pesquisa, compilação e análise de dados históricos relevantes para a caracterização genérica da construção; (ii) instalação de sistemas de monitorização estática e dinâmica; (iii) caracterização mecânica dos materiais e/ou de elementos estruturais; (iv) identificação dinâmica da estrutura; (v) caracterização da ação sísmica, desde a identificação de potenciais áreas sismogénicas, que condicionam a perigosidade geográfica, até à geração artificial de acelerogramas incluindo a consideração dos efeitos de sítio; (vi) desenvolvimento de modelos de simulação numérica do comportamento estrutural, calibrados a partir de danos identificados e de resultados experimentais; (vii) análises estáticas não-lineares do tipo “pushover” e de análises dinâmicas não-lineares, no domínio do tempo, para diferentes níveis de perigosidade sísmica, consistentes com o enquadramento tectónico regional; (viii) identificação da capacidade e das vulnerabilidades estruturais, dos modos de colapso e avaliação da segurança; (ix) recomendações para minimizar risco sísmico das construções, incluindo propostas de eventuais soluções de intervenção para a conservação/reabilitação ou reforço. A metodologia proposta foi aplicada a um caso de estudo emblemático, constituído pela Igreja de Santa Maria de Belém, como parte integrante do complexo do Mosteiro dos Jerónimos, em Lisboa. Apresentam-se e discutem-se os resultados mais relevantes do estudo efetuado, na sequência da aplicação da metodologia, através dos quais se sustenta o diagnóstico da construção. Para as simulações numéricas do comportamento dinâmico da Igreja recorreu-se a sinais sísmicos artificiais correspondentes a três cenários sísmicos de perigosidade crescente traduzida por períodos de retorno com 475, 975 e 5000 anos, ver Figura 3. Finalmente, tendo presente o elevado valor patrimonial da construção, propuseram-se, analisaram-se e discutiram-se possíveis estratégias de intervenção/reforço com vista à redução das vulnerabilidades identificadas e à mitigação do risco sísmico.

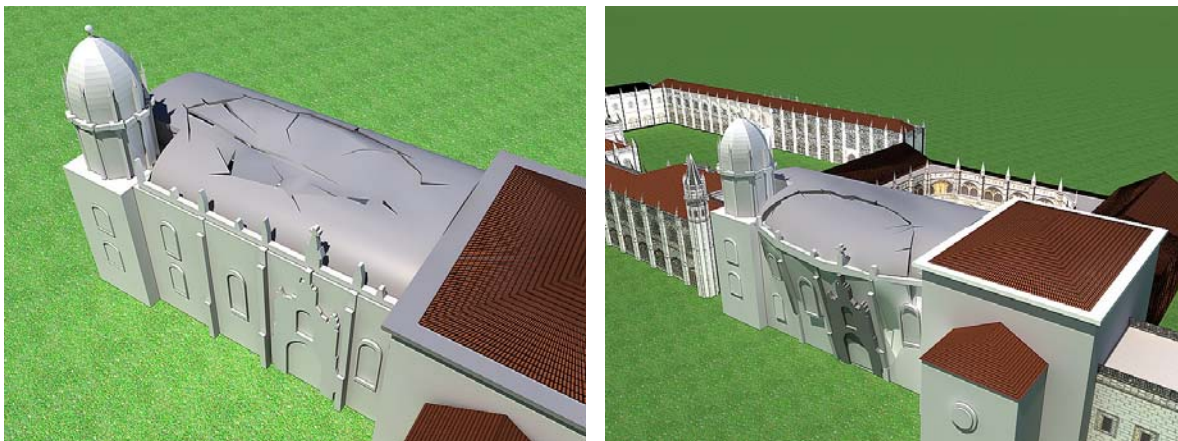


Figura 3: Simulação computacional do colapso da igreja do Jerónimos sob ações verticais e horizontais

3. A EXPORTAÇÃO DA FORMAÇÃO PÓS-GRADUADA

A Europa é líder do conhecimento na área da conservação de construções com valor cultural, desde as abordagens iniciais sobre o tema, passando pela Renascença e a revolução científica, até às primeiras teorias do restauro da Escola de Milão. No entanto, até ao final do século XIX, os monumentos possuíam valor essencialmente associado ao uso. Isto significa que uma mudança de uso permite a renovação e o abandono do uso permite a ruína ou a reutilização dos materiais noutras construções. É apenas com o fim da Primeira Guerra

Mundial, que a internacionalização da cultura se afirma e que aparecem as primeiras cartas de conservação, tais como a Carta de Atenas (1931), a Carta de Veneza (1964) e a Carta Europeia do Património Arquitectónico (1975).

A conservação do património construído com valor cultural é uma exigência da sociedade que reconhece a cultura como parte da sua identidade, isso é aquilo que a torna possível de definição e reconhecimento, mas é também um contributo essencial para a economia. Na Europa, o turismo representa 5% do PIB e 10 milhões de empregos, com uma percentagem elevada de emprego jovem, no caso de se considerarem apenas os fornecedores habituais de serviços de viagens e turismo (hotéis, restaurantes, agências de viagens, aluguer de automóveis, autocarros de turismo, cruzeiros, etc.). Se se incluir outros sectores associados, tais como a distribuição, construção, transportes em geral e o sector cultural (que inclui as indústrias culturais e criativas), a percentagem do PIB sobe para 10% e a percentagem do emprego sobe para 12%. A União Europeia (EU) é o primeiro destino mundial de turismo, com 370 milhões de entradas turísticas em 2008, ou 40% do total mundial, com sete países europeus nos dez países com maior atração no mundo. De acordo com a Organização Mundial do Turismo, estes valores irão aumentar significativamente nos próximos anos, face à diversidade da paisagem e à riqueza cultural. O património construído, nomeadamente monumentos e centros históricos, são atractores principais para o turismo, e 300 dos 800 sítios Património Mundial estão localizados na UE. Desta forma, a necessidade da sua conservação é inquestionável.

O Mestrado Europeu em Análise Estrutural de Monumentos e Construções Históricas (SAHC) tem um enfoque claro na conservação da construção e no património cultural. O programa de estudos dirige-se essencialmente a estudantes com formações de cinco anos em Engenharia Civil (na Europa será em geral um mestrado), ainda que possam ser aceites formações de quatro anos (correntes em diversos outros países). O programa é intensivo, em tempo integral e tem a duração de um ano, sendo composto por seis unidades curriculares correntes, um projeto integrado e uma dissertação. A dissertação possui uma duração de quatro meses e é realizada numa instituição diferente daquela em que realiza a restante formação.

O programa inicia-se com a História da Construção e da Conservação, que inclui a descrição de materiais e técnicas de construção, a definição dos elementos estruturais (fundações, paredes, pilares, arcos e abóbadas, pavimentos e telhados), as tipologias estruturais, os mecanismos de dano e colapso, a história da conservação e restauro, a definição de uma metodologia geral para a análise de estruturas e conservação, e as recomendações atuais. A segunda unidade curricular aborda as Técnicas de Análise Estrutural, que inclui uma revisão do método dos elementos finitos, a análise não linear, os modelos constitutivos, a modelação com elementos contínuos e discretos e a análise limite computacional. Segue-se, a Análise Dinâmica e o Comportamento Sísmico que inclui sismologia básica, micro-zonamento e propagação de ondas em solos, perigosidade e princípios do risco sísmico, uma revisão da dinâmica de estruturas e os métodos de análise sísmica, incluindo a integração no tempo e a avaliação de desempenho com base em deslocamentos. A quarta unidade curricular aborda a Inspeção e Diagnóstico, definindo-se os objetivos e planeamento dos ensaios não-destrutivos (NDT), as diferentes possibilidades de NDT com levantamento, técnicas superficiais, técnicas baseadas na propagação de ondas e identificação dinâmica, ensaios ligeiramente destrutivos e ensaios de carga, bem como sistemas de monitorização e sistemas de gestão. Seguem-se as Técnicas de Reparação e Reforço para estruturas de betão, metálicas, alvenaria e de madeira, utilizando técnicas tradicionais ou modernas, seja ao nível material ou estrutural. Finalmente, discutem-se os aspetos de Restauro e Conservação dos Materiais, introduzindo os aspetos químicos para identificação e conservação, a utilização de argamassas à base de cal, a utilização de técnicas tradicionais e inovadoras, e os materiais e elementos não estruturais.

O Projeto Integrado é realizado durante todo o período anterior ao início da dissertação, durante sete meses. Esta unidade curricular é realizada em grupo e inclui um projeto para a resolução de um problema real de engenharia, com visitas ao local, realização de ensaios no local, simulação computacional e realização de um projeto de execução, com todos os elementos necessários (desenhos, especificações técnicas, mapas de quantidades e estimativa orçamental). A Dissertação pretende desenvolver competências científicas e/ou profissionais adicionais na área da conservação do património construído com valor cultural, sendo possível desenvolver um tema proposto pelo próprio aluno.

Os resultados obtidos até agora, com quatro edições completas, é que o número de alunos se tem mantido constante (30 alunos por ano), sendo que os alunos portugueses foram apenas 6%. A maior atratividade surge junto de alunos italianos e gregos, seguidos dos EUA, ver Figura 4. O potencial exportador da educação surge desta forma claramente demonstrado, sendo que um programa liderado nacionalmente aparece a competir com o maior atractor mundial no ensino superior (EUA), tendo atraído até agora atraído estudantes de 45 países. Este potencial de internacionalização verifica-se ainda para níveis superiores (doutoramento e pós-doutoramento), em

que 53% dos colaboradores nesta área na Universidade do Minho são estrangeiros. Numa época marcada pela necessidade de mudar o paradigma nacional de criação de riqueza, impõe-se desta forma a questão: Para quando uma estratégia nacional concertada de captação de estudantes estrangeiros para o ensino superior nacional, com pagamento integral da formação? É certo que as condições nacionais são excelentes (clima, acolhimento, custo) e que estas ações permitiriam criar emprego qualificado.



Figura 4: Distribuição dos alunos do Mestrado Internacional em Monumentos e Construções Antigas, coordenado pela Universidade do Minho

4. REFLEXÕES E PRÁTICA

A interação com a indústria da construção, seja na prestação de serviços altamente especializados com aplicação e transferência ou seja na investigação, desenvolvimento e inovação em ligação com empresas, são essenciais no ensino superior de engenharia. Sem ligação à indústria resulta muito difícil formar profissionais pós-graduados qualificados, desenvolver investigação que permita devolver e multiplicar o investimento efetuado no ensino superior e, em geral, criar riqueza que permita manter as sociedades de conhecimento nos países desenvolvidos como conhecemos. A Universidade do Minho tem realizado atividade em vários países (Brasil, Chipre, Índia, Irão, Itália, Marrocos, Peru e Reino Unido), para além de Portugal, apresentando-se em seguida alguns resultados desta atividade.

4.1. A necessidade de formação

Os técnicos necessitam de conhecimento sobre os materiais e tecnologias tradicionais, sendo certo que muitos dos regulamentos não são aplicáveis a construções existentes (particularmente no caso de construções com valor cultural) e que existe um défice severo de formação específica sobre este tema na formação corrente que sofreram alterações apenas moderadas nas últimas décadas.

Em Setembro de 2009, o autor visitou vários monumentos com danos ou em obras em Cusco, Peru. Um destes monumentos foi a Igreja de San Cristóbal, obra colonial com origem no século XVI. Na visita observou-se a adoção de materiais e tecnologias tradicionais (por exemplo adobe, madeira verde com troncos roliços e reforços com madeira), ver Figura 5a. A “arte de bem construir” estava clara no cuidado dos procedimentos adotados e no “amor à arte” dos diferentes trabalhadores, com quem foi possível conversar. Sobre dois aspetos particulares foi solicitado opinião, para os quais existiam projetos de reforço estrutural “moderno”: o arco abatido do coro e a fundação da parede oposta à cabeceira, ligada à torre, ver Figura 5b. Em ambos os casos existiam fendas de muito pequena abertura, tendo sido previsto, no primeiro caso, um reforço com uma viga de betão armado e, no segundo caso, um muro de contenção ou injeções em betão armado. Ambas as soluções violam claramente os princípios atuais de conservação, nomeadamente a compatibilidade, a reversibilidade e o princípio de intervenção mínima. Também não foi possível encontrar nenhuma justificação para a realização dos trabalhos propostos, que iriam conduzir a perdas significativas de material histórico, custos elevados e alteração do funcionamento estrutural original dos elementos em causa. De facto, o arco abatido do coro, apesar de ligeiramente fendilhado, encontra-se travado entre a torre e uma construção lateral, pelo que o seu colapso é praticamente impossível. Os trabalhos iniciados de desmonte / abertura das juntas foram prejudiciais, tendo-se

recomendado a injeção com argamassas fluidas à base de cal ou colocação do arco em cargo com cunhas e preenchimento das juntas com argamassa tradicional fluida. A parede para a qual estaria prevista a estrutura de contenção, junto ao terraço e muro inca, não apresenta quaisquer indícios de movimento para além de alguma deformação estabilizada no muro de suporte existente. A parede da igreja está apoiada num antigo muro inca interior de alvenaria de muito boa qualidade, previsivelmente fundado na rocha natural. Em ambos os casos foi recomendado que se instalasse um sistema de monitorização simples baseado em testemunhos e que não se realizasse nenhum reforço antes de solicitar aos técnicos envolvidos informação adicional sobre a análise de estabilidade e nível de segurança atual da estrutura, e justificação para o projeto de reforço “moderno”, uma vez que o mesmo parece violar as recomendações modernas de intervenção.



Figura 5: Igreja de San Cristóbal, Cusco, Peru: (a) utilização de materiais tradicionais; (b) zonas a reforçar, desnecessariamente

4.2. Sé do Porto: 10 anos de trabalhos de conservação

A mais recente campanha de intervenção na Sé do Porto, decorreu na sua maior parte entre 2003 e 2008. A catedral apresenta um conjunto diversificado de estilos, associados a 800 anos de história. O programa da presente intervenção foi o de conservar os trabalhos anteriores, reativando, reabilitando e melhorando o desempenho das estruturas, dos materiais, das formas e do espaço, em torno de cinco operações: remoção das infestações, consolidação, impermeabilização, ventilação e proteção. Este caso de estudo representou um grande desafio para a equipa envolvida, apresentando-se aqui sucintamente apenas os aspetos relacionados com o reforço das torres, diagnóstico da capela, reforço do transepto e diagnóstico dos elementos salientes da fachada principal.

As torres sofreram diversas modificações no passado, apresentando uma organização complexa e desconexa. A inspeção permitiu concluir que as paredes das torres são de três panos, com a cantaria exterior de espessura entre 0.30 e 0.70 m e com um enchimento de bugalhada. As torres apresentavam fendilhação diversa recente (após os trabalhos da primeira metade do século XX e máximo de cerca de 0.25 m de largura de fenda) e grandes

movimentos para fora do plano, indiciando uma deficiente ligação entre os dois panos exteriores, a perda de funcionamento global em tubo das torres que se encontravam divididas em dois Us. Existiam ainda três tirantes nas torres, estando um partido e outro com indícios de movimento na barra de ancoragem. A torre sul encontrava-se bastante mais danificada que a torre norte, com uma fendilhação que indiciava uma situação de pré-colapso por desagregação das paredes. A solução adotada para o reforço consistiu numa cinta metálica que restituiu o funcionamento tubular das torres e previne a formação de fendilhação adicional, com um conjunto de pregagens adicionais na torre sul para prevenir o colapso parcial, ver Figura 6. As cintas foram executadas em perfis de chapa inoxidável soldada (AISI 316L), ligadas às torres com pregagens longas e inclinadas. O comprimento dos perfis metálicos foi definido para que não fossem necessárias soldaduras no local. Na torre norte, o sistema metálico fornece também apoio ao pavimento em pedra, que se encontra com a capacidade debilitada. Na torre sul, existem dois tirantes paralelos em memória do tirante original, que se encontrava partido. Encontra-se instalado um sistema de monitorização na torre sul que permite conhecer a evolução da largura das fendas com maior expressão, a tensão nos tirantes, a inclinação das torres, bem como os parâmetros ambientais (temperatura, humidade e vento). O sistema indica que os movimentos locais estão estabilizados mas que existe uma rotação global da torre sul com muito pequena expressão, $0.1^\circ/\text{década}$.

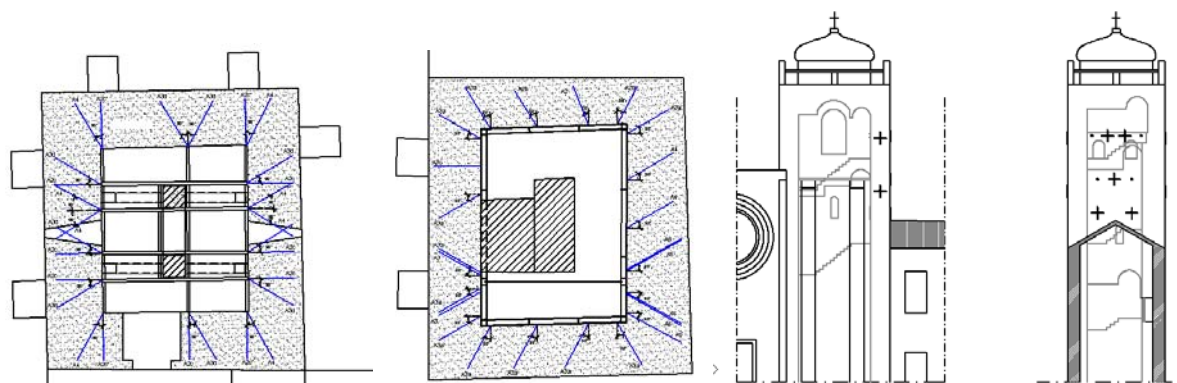


Figura 6: Reforços aplicados nas torres da Sé do Porto

A capela de São Vicente localiza-se junto à ala sul do claustro. Durante os trabalhos no telhado, verificou-se a presença de uma quantidade elevada de restos de construção no extradorso da abóbada de berço (cerca de 35 m³) bem como a colocação de apoios da estrutura do telhado sobre a abóbada. Verificou-se ainda que existia fendilhação, com pequena expressão na abóbada, e um desaprumo significativo (0.10 m) na parede exterior da capela. Colocou-se a questão da estabilidade da abóbada e a conveniência da remoção do enchimento não original, ver Figura 7a. Através de uma análise estrutural não-linear plana foi possível concluir que a resistência da estrutura aumenta 45% se o enchimento for removido. A operação de remoção foi efetuada com a colocação de alvos na parede exterior, não tendo sido detetado nenhum movimento durante e após a operação. Com a limpeza, foi possível verificar que a abóbada nunca foi concebida para a colocação de enchimento e que a abóbada não é contemporânea com as paredes exteriores, uma vez que foram detetados os apoios para um telhado de madeira, a um nível inferior ao existente.

O lanternim localiza-se sobre o transepto e apresenta várias fendas que ocorreram após os trabalhos realizados na segunda metade do século XX. Tinha ainda ocorrido queda do material de enchimento para o interior da igreja. O lanternim é constituído por quatro paredes com grandes janelas em arco, com exceção da parede nascente, e uma abóbada de pedra. As paredes possuem movimentos para o exterior e diversas fendas, mas a fenda mais relevante é de separação entre a abóbada e a parede poente, que conduziu a um descaimento das pedras da abóbada. Foi efetuada uma análise de estabilidade, ver Figura 7b, que permitiu concluir que o problema no lanternim resulta de movimentos globais associados a assentamentos de apoio, que são claros e severos na cabeceira. Face aos movimentos observados foi decidido reforçar o lanternim, verificando que o mesmo manterá uma configuração estável mesmo com possíveis futuros assentamentos de apoio. A intervenção contemplou a injeção das fendas com uma argamassa fluida à base de cal, adição de uma cinta metálica no interior, ligação entre a abóbada e a fachada poente, um novo telhado de madeira e sistema de impermeabilização, e caixilharias novas.

Finalmente foram analisados os elementos salientes da fachada principal, que incluem uma varanda central e dois pináculos laterais. A pedra encontrava-se em muito mau estado, tendo ocorrido a queda de fragmentos de pedra. Devido aos movimentos, fendilhação e corrosão observada na fachada, foi efetuada uma inspeção e avaliação das condições de estabilidade na fachada, ver Figura 7c. A utilização do georadar permitiu confirmar que não existem elementos metálicos no interior da pedra, enquanto a análise de estabilidade permitiu confirmar que os elementos possuem segurança adequada.

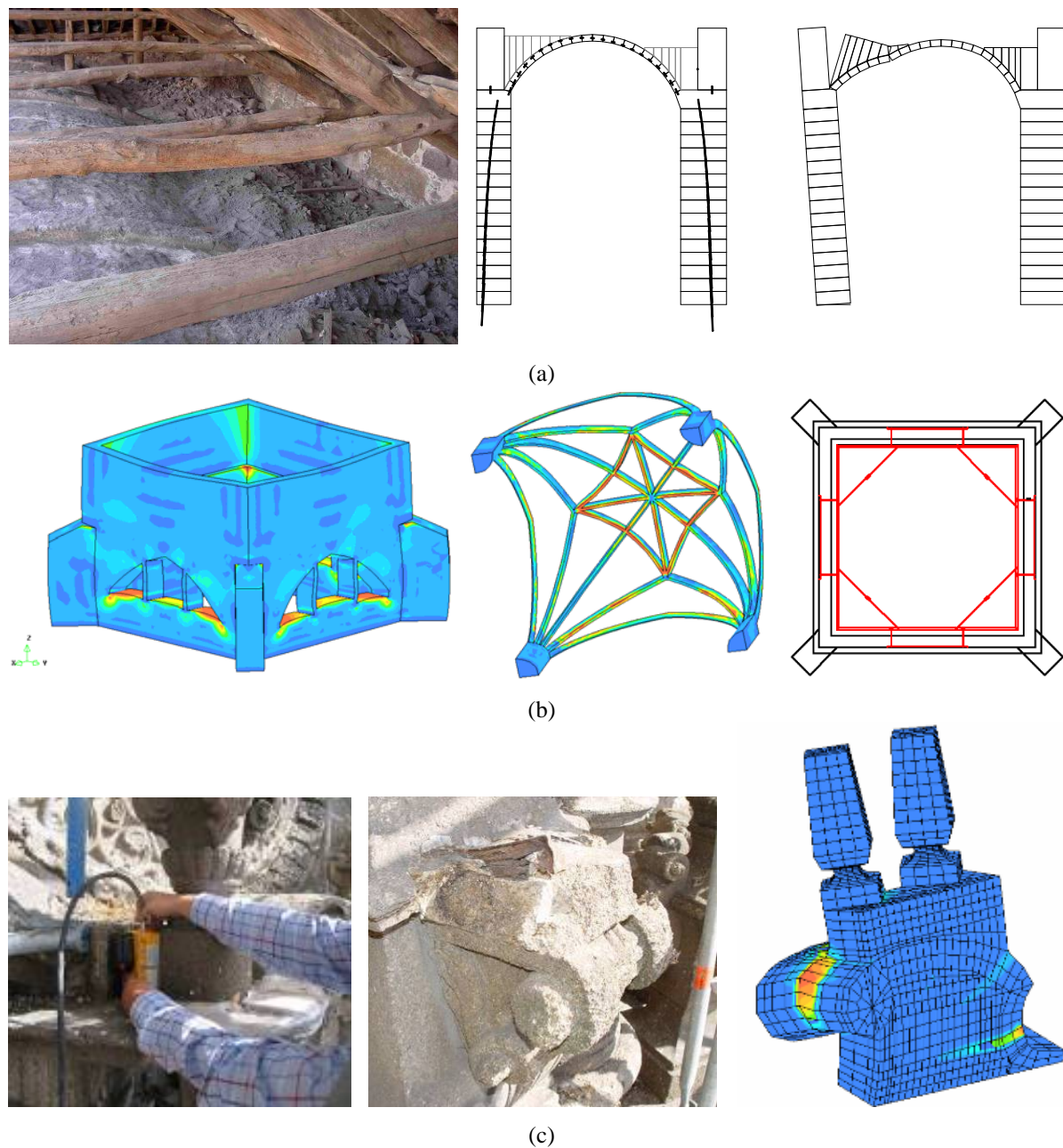


Figura 7: Estudos diversos na Sé do Porto: (a) capela de S. Vicente; (b) lanternim; (c) elementos salientes da fachada principal

5. CONCLUSÕES

A conservação do património construído com valor cultural é hoje um tema muito atual nas sociedades modernas. O processo de avaliação de segurança é complexo e resulta de um conjunto de informações que pode resultar da história (a própria construção e outras fontes), da análise qualitativa (um processo indutivo que inclui a comparação com outras construções, a experiência e o conhecimento do analista), da análise quantitativa (o processo dedutivo habitual da análise estrutural) e da análise experimental (possíveis ensaios em componentes da própria construção). Pretender resumir a avaliação de estabilidade das construções existentes a um processo totalmente objetivo, isento de incertezas e sem utilizar a experiência do engenheiro é redutor. Apresentam-se neste artigo, avanços do conhecimento recentes na Universidade do Minho que contribuem para uma melhor conservação, discute-se a formação avançada e os resultados de um programa inovador a nível internacional liderado pela Universidade do Minho e conclui-se com algumas reflexões que resultam da interação com a sociedade nesta temática.